

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002168776  
PUBLICATION DATE : 14-06-02

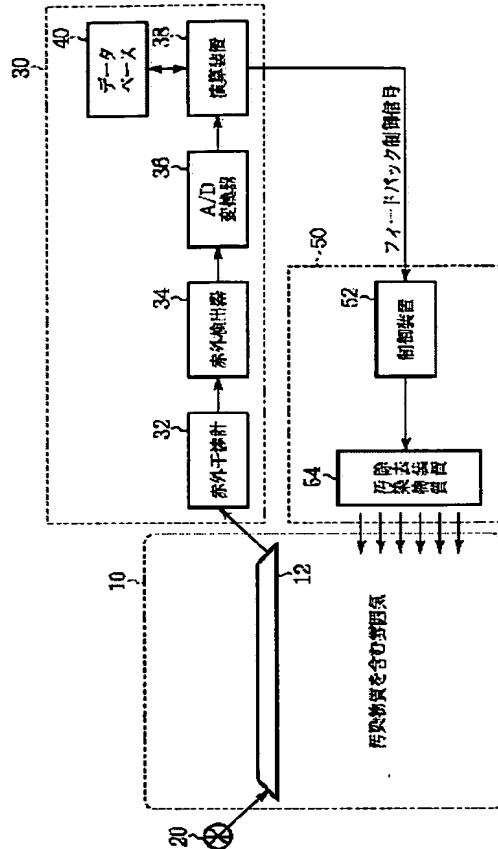
APPLICATION DATE : 01-12-00  
APPLICATION NUMBER : 2000367291

APPLICANT : NIWANO MICHIO;

INVENTOR : NIWANO MICHIO;

INT.CL. : G01N 21/35 G01N 1/22 G01N 21/27  
          G01N 21/39 G01N 33/00 H01L 21/02

**TITLE : ENVIRONMENT MONITORING  
METHOD AND DEVICE AND  
SEMICONDUCTOR MANUFACTURING  
DEVICE**



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an environment monitoring method and a device capable of detecting the pollutant existing in the atmosphere simply, quickly at low cost, and feeding back the measurement result to environmental control, and a semiconductor manufacturing device equipped with the monitoring device.

**SOLUTION:** This device has an infrared ray transmitting substrate 12 placed in a prescribed atmosphere 10, an infrared light source 20 for allowing infrared rays to enter the infrared ray transmitting substrate 12, a pollutant analytical means 30 for calculating the concentration of the pollutant in the atmosphere 10 based on the infrared rays emitted from the infrared ray transmitting substrate 12 after multiple reflection by the inside of the infrared ray transmitting substrate 12, and a pollutant removal means 50 for removing the pollutant in the atmosphere 10 corresponding to the concentration of the pollutant in the atmosphere 10 calculated by the pollutant analytical means 30.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト <sup>8</sup> (参考)
G 0 1 N 21/35		G 0 1 N 21/35	Z 2 G 0 5 2
1/22		1/22	L 2 G 0 5 9
21/27		21/27	C
21/39		21/39	
33/00		33/00	A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

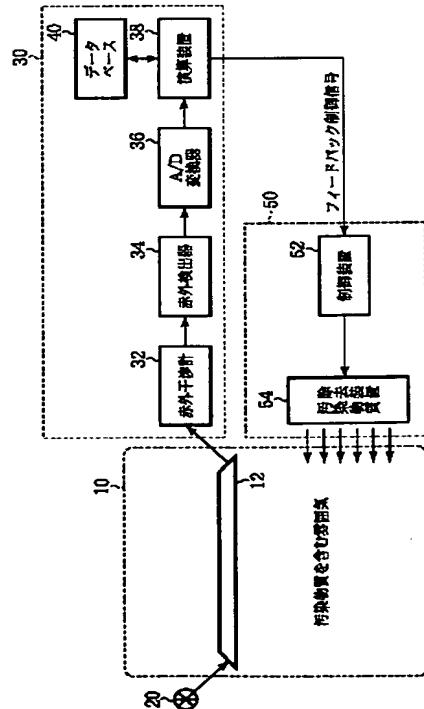
(21)出願番号	特願2000-367291(P2000-367291)	(71)出願人	390005175 株式会社アドバンテスト 東京都練馬区旭町1丁目32番1号
(22)出願日	平成12年12月1日 (2000.12.1)	(71)出願人	597171963 庭野 道夫 宮城県仙台市泉区住吉台東三丁目18番12号
		(72)発明者	吉田 春雄 東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会社アドバンテスト内
		(72)発明者	庭野 道夫 宮城県仙台市泉区住吉台東3丁目18番12号
		(74)代理人	100087479 弁理士 北野 好人 (外1名)
			最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 環境モニタ方法及び装置並びに半導体製造装置

## (57)【要約】

【課題】 雰囲気中に存在する汚染物質を、簡便に、素早く、且つ、低コストで検知し、測定結果を環境管理にフィードバックする環境モニタ方法及び装置、並びに、このような環境モニタ装置を備えた半導体製造装置を提供する。

【解決手段】 所定の雰囲気10中に載置された赤外透過基板12と、赤外透過基板12に赤外線を入射する赤外光源20と、赤外透過基板12内部を多重反射した後に赤外透過基板12より出射される赤外線に基づいて、雰囲気10中の汚染物質の濃度を算出する汚染物質分析手段30と、汚染物質分析手段30により算出した雰囲気10中の汚染物質の濃度に応じて、雰囲気10中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段50とを有する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 所定の雰囲気中に置かれた赤外透過基板内に赤外線を入射し、前記赤外透過基板の内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線を検出し、

検出した赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を測定し、

測定した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に基づいて、前記雰囲気を管理することを特徴とする環境モニタ方法。

【請求項2】 請求項1記載の環境モニタ方法において、

検出した赤外線を分光分析することにより、前記雰囲気中の汚染物質の種類及び／又は濃度を測定することを特徴とする環境モニタ方法。

【請求項3】 請求項1記載の環境モニタ方法において、

特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長領域の赤外線を選択的に検出し、前記特定汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定することを特徴とする環境モニタ方法。

【請求項4】 請求項1記載の環境モニタ方法において、

赤外線の波長を掃引しながら前記赤外透過基板に入射し、掃引する波長領域に分子振動波長が存在する汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定することを特徴とする環境モニタ方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の環境モニタ方法において、

測定した前記雰囲気中の汚染物質の濃度が所定値よりも高い場合に、前記雰囲気中の汚染物質を除去することを特徴とする環境モニタ方法。

【請求項6】 所定の雰囲気中に載置された赤外透過基板と、

前記赤外透過基板に赤外線を入射する赤外光源と、前記赤外透過基板内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を算出する汚染物質分析手段と、

前記汚染物質分析手段により算出した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に応じて、前記雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段とを有することを特徴とする環境モニタ装置。

【請求項7】 請求項6記載の環境モニタ装置において、

前記汚染物質分析手段は、検出した赤外線を分光分析することにより、前記雰囲気中の汚染物質の種類及び／又は濃度を測定することを特徴とする環境モニタ装置。

【請求項8】 請求項6記載の環境モニタ装置において、

特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長領域の赤外線を選択的に透過する赤外帯域透過フィルタを更に有

し、

前記汚染物質分析手段は、前記赤外帯域透過フィルタを通過した赤外線を分析することにより、前記特定汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定することを特徴とする環境モニタ装置。

【請求項9】 請求項6記載の環境モニタ装置において、

前記赤外光源は、赤外線の発光波長を掃引して前記赤外透過基板に入射する発光波長可変型の赤外光源であり、前記汚染物質分析手段は、検出した赤外線に基づいて、掃引する赤外線の波長領域に分子振動波長が存在する汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定することを特徴とする環境モニタ装置。

【請求項10】 所定の雰囲気中に載置された半導体ウェーハに所定の処理を施す半導体ウェーハ処理手段と、前記雰囲気中に載置された赤外透過基板と、

前記赤外透過基板に赤外線を入射する赤外光源と、前記赤外透過基板内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を算出する汚染物質分析手段と、前記汚染物質分析手段により算出した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に応じて、前記雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段とを有することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項11】 請求項10記載の半導体製造装置において、

前記汚染物質は、前記半導体ウェーハ処理手段による前記所定の処理を遂行するために妨げとなる物質であることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項12】 請求項10又は11記載の半導体製造装置において、

前記半導体ウェーハ処理手段は、光を反射し又は透過する光学部品を介して前記半導体ウェーハを露光する露光手段であり、

前記汚染物質除去手段は、前記光学部品の表面に付着した汚染物質を除去することを特徴とする半導体製造装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、製造装置内やクリーンルーム内などの閉空間中や、これら閉空間から排出される排気ガス中など、所定の雰囲気中に存在する汚染物質を同定し或いはその濃度を測定し、その測定結果に基づいて雰囲気中の環境を制御しうる環境モニタ方法及び装置、並びに、このような環境モニタ装置を備えた半導体製造装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】半導体製造装置の内部やクリーンルーム内部など、ある機能を果たす閉空間中に存在する汚染物質を管理することはきわめて重要である。

【0003】例えば、半導体装置の製造過程では、半導体ウェーハがプロセス加工されている最中にウェーハ表面にプロセスの目的に応じた様々な加工が施される。プロセス前工程においては、まず種々の化学薬品や純水を用いたウェット洗浄法や紫外線やプラズマなどを用いたドライ洗浄法等によりウェーハ表面の清浄処理が行われ、その後、酸化などの表面改質処理が行われる。これら洗浄過程において露出されるウェーハの清浄な表面は、他の分子との反応性が高いため、これら処理が行われる過程において、表面のシリコン原子が水素で結合されたり酸素と結合して酸化膜が形成されるなど、ウェーハの接する環境雰囲気に曝されて経時に変化することになる。

【0004】また、半導体装置等の製造に使用されている光リソグラフィー装置においては、半導体ウェーハ上に塗布したフォトレジスト膜に露光光を照射することにより、フォトレジスト膜中に含まれる有機物質が揮発して装置内部に放出される。このように放出された有機物質が光学レンズや反射鏡に付着すると、これらの透過率や反射率を損ない、ウェーハ処理枚数の増加とともに所定の露光量を得ることができなくなる。その結果、所定のパターニングができず、製品不良が発生することになる。また、装置内部に存在する有機物質自体が露光光を吸収し、半導体ウェーハへの露光量を減少することもある。

【0005】また、半導体プロセスは一般にクリーンルーム内において行われ多くの装置によって数々の工程が組まれているが、あるプロセスから次のプロセスへ移行するときなどウェーハが装置外に出されたときには外気に曝される。このとき、ウェーハは空気中の酸素によって酸化されるばかりでなく、ある種の汚染物質、例えば有機物質に汚染されることがある。また極微量の窒素酸化物、硫黄酸化物などに汚染されることもある。クリーンルーム内で発生する有機汚染の汚染源の一つは、クリーンルーム内の空気中に含まれる有機物質によるといわれている。この有機物質はクリーンルームに使用される建材、エアフィルタ、配線、配管などに含まれている有機物質が揮発して生じるものと考えられている。

【0006】したがって、半導体製造装置内や半導体装置の製造プロセスが施されるクリーンルーム内の空気中に含まれる汚染物質の量をモニタリングして汚染物質の発生源の特定や発生量のコントロールを行うことは、半導体装置の製造歩留まりの向上や特性向上を図るうえで極めて重要である。

【0007】また、半導体装置の製造プロセスにおけるクリーンルーム内部の環境モニタリングばかりではなく、我々が生活する環境においても空気中の汚染物質のモニタリングが必要とされている。近年、環境ホルモンと呼ばれる特定の物質群が人や動植物の健康に影響を与えることが知られてきている。したがって、化学プラン

トや半導体工場、自動車などの排気ガスをモニタリングし、このような物質の排出を管理することも強く求められている。

【0008】環境中に存在する汚染物質を測定する従来の方法としては、多孔質物質であるテナックスに汚染物質を吸着させた後、これを熱して吸着汚染物質を放出し、質量分析計によって当該汚染物質の同定・定量化を行う方法（加熱脱離GC/MS: Gas Chromatography/Mass Spectroscopy（ガスクロマトグラフィー質量分析法））、APMIS（Atmosphere Mass-Ion Spectroscopy: 大気圧イオン化質量分析）法、TOF-SIMS（Time Of Flight-Secondary Ion Mass Spectroscopy: 飛行時間測定型二次イオン質量分析）法などが一般に知られている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の測定方法は、定性分析能力、定量分析能力に優れた方法であるが、装置価格が高価であり、測定時間が長く（一測定に数時間程度）、装置容積が大きいなどの欠点を有しており、汚染物質の存在を、簡単に、素早く、且つ、低コストで検知し、測定結果を環境管理にフィードバックすることが困難であった。

【0010】本発明の目的は、製造装置内やクリーンルーム内などの閉空間中や、これら閉空間から排出される排気ガス中など、所定の雰囲気中に存在する汚染物質を同定し或いはその濃度を測定し、その測定結果に基づいて雰囲気中の環境を制御しうる環境モニタ方法及び装置に関し、汚染物質の存在を、簡単に、素早く、且つ、低コストで検知し、測定結果を環境管理にフィードバックしうる環境モニタ方法及び装置、並びに、このような環境モニタ装置を備えた半導体製造装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、所定の雰囲気中に置かれた赤外透過基板内に赤外線を入射し、前記赤外透過基板の内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線を検出し、検出した赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を測定し、測定した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に基づいて、前記雰囲気を管理することを特徴とする環境モニタ方法によって達成される。

【0012】また、上記の環境モニタ方法において、検出した赤外線を分光分析することにより、前記雰囲気中の汚染物質の種類及び／又は濃度を測定するようにしてもよい。

【0013】また、上記の環境モニタ方法において、特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長領域の赤外線を選択的に検出し、前記特定汚染物質の前記雰囲気中ににおける濃度を測定するようにしてもよい。

【0014】また、上記の環境モニタ方法において、赤

外線の波長を掃引しながら前記赤外透過基板に入射し、掃引する波長領域に分子振動波長が存在する汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定するようにしてもよい。

【0015】また、上記の環境モニタ方法において、測定した前記雰囲気中の汚染物質の濃度が所定値よりも高い場合に、前記雰囲気中の汚染物質を除去するようにしてもよい。

【0016】また、上記目的は、所定の雰囲気中に載置された赤外透過基板と、前記赤外透過基板に赤外線を入射する赤外光源と、前記赤外透過基板内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を算出する汚染物質分析手段と、前記汚染物質分析手段により算出した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に応じて、前記雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段とを有することを特徴とする環境モニタ装置によっても達成される。

【0017】また、上記の環境モニタ装置において、前記汚染物質分析手段は、検出した赤外線を分光分析することにより、前記雰囲気中の汚染物質の種類及び／又は濃度を測定するようにしてもよい。

【0018】また、上記の環境モニタ装置において、特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長領域の赤外線を選択的に透過する赤外帯域透過フィルタを更に有し、前記汚染物質分析手段は、前記赤外帯域透過フィルタを通過した赤外線を分析することにより、前記特定汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定するようにしてもよい。

【0019】また、上記の環境モニタ装置において、前記赤外光源は、赤外線の発光波長を掃引して前記赤外透過基板に入射する発光波長可変型の赤外光源であり、前記汚染物質分析手段は、検出した赤外線に基づいて、掃引する赤外線の波長領域に分子振動波長が存在する汚染物質の前記雰囲気中における濃度を測定するようにしてもよい。

【0020】また、上記目的は、所定の雰囲気中に載置された半導体ウェーハに所定の処理を施す半導体ウェーハ処理手段と、前記雰囲気中に載置された赤外透過基板と、前記赤外透過基板に赤外線を入射する赤外光源と、前記赤外透過基板内部を多重反射した後に前記赤外透過基板より出射される赤外線に基づいて、前記雰囲気中の汚染物質の濃度を算出する汚染物質分析手段と、前記汚染物質分析手段により算出した前記雰囲気中の汚染物質の濃度に応じて、前記雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段とを有することを特徴とする半導体製造装置によっても達成される。

【0021】また、上記の半導体製造装置において、前記汚染物質は、前記半導体ウェーハ処理手段による前記所定の処理を遂行するために妨げとなる物質であってよい。

【0022】また、上記の半導体製造装置において、前記半導体ウェーハ処理手段は、光を反射し又は透過する光学部品を介して前記半導体ウェーハを露光する露光手段であり、前記汚染物質除去手段は、前記光学部品の表面に付着した汚染物質を除去するようにしてもよい。

【0023】

【発明の実施の形態】【第1実施形態】本発明の第1実施形態による環境モニタ方法及び装置について図1乃至図3を用いて説明する。

【0024】図1は本実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図、図2は分子結合の結合エネルギーと振動波長との関係を示すグラフ、図3は大気中の汚染物質の濃度と24時間放置によりシリコン表面に付着した汚染物質の密度との関係を示すグラフである。

【0025】〔1〕環境モニタ装置の全体構成

本実施形態による環境モニタ装置の構造について図1を用いて説明する。

【0026】汚染物質を含む雰囲気10中には、雰囲気10中の汚染物質を吸着して測定に供するための赤外透過基板12が載置されている。赤外透過基板12の一端面側には、赤外透過基板12内に赤外線を入射して内部多重反射させるための赤外光源20が設けられている。赤外透過基板12の他端面側には、赤外透過基板12内部を多重反射した後に射出される赤外線を検出し、検出赤外線に基づいて雰囲気10中の汚染物質を分析する汚染物質分析手段30が設けられている。汚染物質分析手段30には、汚染物質分析手段30による分析結果に基づいて雰囲気10中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段50が設けられている。

【0027】このように、本実施形態による環境モニタ装置は、ある雰囲気中に存在する汚染物質を内部多重反射フーリエ赤外分光(FTIR-MIR)法により検出する汚染物質分析手段と、その検出結果に基づき雰囲気中の環境を制御する汚染物質除去手段とを有することに主たる特徴がある。

【0028】内部多重反射赤外フーリエ分光法は、両面研磨した赤外透過基板に赤外線を入射し、赤外透過基板内部を多重反射した後に射出される赤外線を測定することにより、基板の表面に付着した汚染物質を検出する方法である。基板の一端に赤外線を特定の入射角度で入射すると、赤外線は基板内部を両表面で全反射を繰り返しながら伝搬し、その際基板表面に赤外光(エバネッセント(Evanescent)光)が滲み出し、表面に付着した有機汚染物質により赤外線スペクトルの一部が吸収される。基板の他端から放出されたこの伝搬光をFT-IRによって分光分析することにより、基板表面に付着した有機汚染物質の検出、同定が可能である。また、環境中に基板を放置すると、その基板上には、環境雰囲気中に含まれる汚染物質が付着する。したがって、基板上に付着した汚染物質を測定することにより、環境雰囲気中に存在

する汚染物質を間接的に測定することができる。

【0029】このようにして環境モニタ装置を構成することにより、ある雰囲気中の汚染物質をリアルタイムでモニタできるとともに、その結果を環境管理に直ちにフィードバックすることができる。

【0030】以下、本実施形態による環境モニタ装置の各構成部分について詳述する。

【0031】(a) 赤外透過基板12

赤外透過基板12は、前述の通り、測定対象である雰囲気10中の汚染物質を吸着して測定に供するためのものであり、被測定対象物質の分子振動に対応する波長域の光を透過する材料であることが必要である。代表的な汚染物質である有機物質の基本振動に対応する波数域は、 $500\text{ cm}^{-1}$  (波長 $20\text{ }\mu\text{m}$ )～ $5000\text{ cm}^{-1}$  (波長 $2\text{ }\mu\text{m}$ )程度の赤外・近赤外域である。したがって、赤外透過基板12を構成する材料はこれら波数域 (波長域) の光を透過しうる赤外透過物質群のなかから選択する。

【0032】赤外・近赤外域の光を透過する材料としては、例えば、シリコン (Si: 透過波長域: 1.2～6 $\mu\text{m}$ )、臭化カリウム (KBr: 透過波長域0.4～2.2 $\mu\text{m}$ )、塩化カリウム (KC1: 透過波長域0.3～1.5 $\mu\text{m}$ )、セレン化亜鉛 (ZnSe: 透過波長域0.6～1.3 $\mu\text{m}$ )、フッ化バリウム (BaF<sub>2</sub>: 透過波長域0.2～5 $\mu\text{m}$ )、臭化セシウム (CsBr: 透過波長域0.5～30 $\mu\text{m}$ )、ゲルマニウム (Ge: 透過波長域2～18 $\mu\text{m}$ )、フッ化リチウム (LiF: 透過波長域0.2～5 $\mu\text{m}$ )、フッ化カルシウム (CaF<sub>2</sub>: 透過波長域0.2～8 $\mu\text{m}$ )、サファイア (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 透過波長域0.3～5 $\mu\text{m}$ )、ヨウ化セシウム (CsI: 透過波長域0.5～28 $\mu\text{m}$ )、フッ化マグネシウム (MgF<sub>2</sub>: 透過波長域0.2～6 $\mu\text{m}$ )、臭化タリウム (KRS-5: 透過波長域0.6～28 $\mu\text{m}$ )、硫化亜鉛 (ZnS: 透過波長域0.7～11 $\mu\text{m}$ )などがある。したがって、これら材料により赤外透過基板12を構成することができる。なお、これら材料の中には、潮解性を有し、使用環境によっては適さないものもある。赤外透過基板12を構成する材料は、使用環境や必要な透過波長域に応じて適宜選択することが望ましい。

【0033】赤外透過基板12の外形としては、例えば図1に示すように、端面を45°のテーパ状に加工した短冊状の形状を適用することができる。また、例えば特願平11-231495号明細書に記載のような、複数の赤外線伝搬長を有する基板を適用してもよい。また、例えば特願平11-95853号明細書に記載のように、300mmシリコンウェーハをそのまま用いてよい。シリコンウェーハをそのまま用いるメリットとしては、既存の半導体製造装置によって洗浄(初期化)することができる点が挙げられる。

【0034】なお、本発明による環境モニタ装置は赤外

透過基板12の表面に吸着された汚染物質の同定と定量化を行うことで環境雰囲気中の汚染物質を測定するものであるが、赤外透過基板12に吸着される汚染物質の量は時間の経過によって飽和する。このため、大気中の汚染物質濃度の変化を長い時間にわたって調査する必要があるときは、赤外透過基板12の表面に付着した汚染物質を定期的に除去する洗浄工程が必要となる。

【0035】赤外透過基板12を初期化する手段としては、例えば、赤外透過基板12の近傍に紫外光光源を設け、紫外光光源からの紫外線の照射により汚染物質を除去する手段を適用することができる。付着した有機汚染物質の結合エネルギーよりも大きなエネルギーを有する紫外線は、赤外透過基板12に付着した有機汚染物質を解離・蒸発することができる。したがって、このような紫外線を赤外透過基板12に照射することにより、基板に付着した汚染物質を除去することができる。例えば、汚染物質を除去するための紫外光光源としては、Xe (キセノン) エキシマ光、185nmと254nmの発光波長を有する低圧水銀灯、172nmの発光波長を有する誘電体バリア放電エキシマランプなどの紫外線光源を適用することができる。このようなエネルギーを有する光の照射により、C-C、C-H、C-Oなどの有機汚染物質の結合を解離し、赤外透過基板12の表面から除去或いは蒸発させることができる。

【0036】なお、汚染物質の除去には、他の化学的・物理的除去方法を用いてもよい。本実施形態による環境モニタ装置では赤外透過基板12の上面と下面の両面で反射と吸収が起こるため、基板の両面を洗浄する必要がある。また、例えば特願平11-231495号明細書に記載のように、紫外光光源から発せられた紫外光を効率よく赤外透過基板12の両面に照射するための反射鏡を設けてもよい。

【0037】(b) 赤外光源20

赤外光源としては、有機分子の分子振動に対応する2～25 $\mu\text{m}$ 帯域の赤外線を発する光源を適用することができる。

【0038】例えば、フィラメントとしてのシリコンカーバイド (SiC) やニクロム線に電流を印加して発する熱線を光源として用いることができる。SiCグローバルなどのSiCを用いた光源は、1.1～25 $\mu\text{m}$ 帯域の赤外線を発し、且つ、空気中でむき出しで使用しても焼損がないという特徴がある。

【0039】また、赤外・近赤外域に発光波長を有する半導体レーザや発光ダイオードを赤外光源として用いることもできる。半導体レーザや発光ダイオードを用いた光源は、小型であるとともに基板端面に小さな焦点を結びやすいという特徴がある。

【0040】また、光源の効率を高め、赤外線の強度を大きくするために適当な形状の反射板を設けてもよい。例えば特願平11-95853号明細書に記載の種々の

赤外光源を適用することができる。

【0041】(c) 汚染物質分析手段30

汚染物質分析手段30は、例えば、二光束干渉計（マイケルソン干渉計）を基にしたフーリエ変換分光のメカニズムにより赤外線を分光するFT-IR装置の分光器であり、検出赤外線のインタフェログラム（干渉波形）を生成する赤外干渉計32と、赤外干渉計32により生成された赤外干渉波を電気信号に変換する赤外検出器34と、A/Dコンバータ36と、電気信号に変換されたインタフェログラムをフーリエ変換して波長（周波数）領域に変換する演算装置38と、汚染物質の同定や定量などの際に参照されるデータベース40とにより構成することができる。

【0042】赤外透過基板12から出射した赤外線を赤外干渉計32に入射し、赤外検出器34により電気信号に変換し、電気信号に変換したインタフェログラムを演算装置38によりフーリエ変換して波長（周波数）領域に変換することにより、波長領域での共鳴吸収スペクトルを得ることができる。

【0043】図2は、分子結合の結合エネルギーと振動波長との関係を示すグラフである。図示するように、分子の振動波長は赤外領域にあり、分子の官能基（原子の組み合わせ集団）ごとに特定の振動波長域に吸収スペクトルを有する。したがって、赤外線の共鳴吸収スペクトルを分析することにより、基板上に付着した汚染物質を同定することができる。なお、物質同定用の赤外吸収スペクトルのデータベースがそろっており、すでに市販されている。

【0044】また、基板上に汚染物質が付着していないときの共鳴吸収スペクトル強度 $I_0$ と、汚染分子が付着したときの共鳴吸収スペクトル強度 $I_1$ との比を対数表示して符号反転したもの（ $-10g(I_1/I_0)$ ）は吸光度として定義され、この吸光度の大きさに基づき基板上の汚染物質の量を算出することができる。

【0045】なお、有機汚染物質の種類と検量線は別途データベース40に蓄えられており、測定データはそれらのデータを参照して定量化される。また、データベース40には、赤外透過基板12の表面に吸着した汚染物質の量と大気中の汚染物質の量との関係がデータベースとして蓄えられており、検出された赤外透過基板12表面の汚染物質の量から大気中の汚染物質の濃度を算出することができる。霧囲気中の汚染物質濃度の定量化の手法については、後述する。

【0046】また、演算装置38に接続して表示装置（図示せず）を設け、演算装置38による分析結果を表示するようにしてもよい。

【0047】測定に用いる赤外線は、瞬時に赤外透過基板12内部を多重反射して通り抜けるので、内部多重反射フーリエ赤外分光法の測定時間は従来の分析方法と比較すると、約1/100程度の短時間となる。短時間で

測定ができるにより、動的な状態変化を把握するので、望ましい状態に保つ目的を実現するための帰還動作のセンサとして適している。また、従来の測定方法では分析には真空場や強い磁場が必要であるのに対し、本発明ではこのような特別な場を要せず、大気中での分析が可能である。したがって、装置が小型で済み、維持費が安くできるという特徴もある。

【0048】(d) 汚染物質除去手段50

汚染物質除去手段50は、汚染物質分析手段30のフィードバック制御信号に基づき、汚染物質除去装置54を制御し、環境中の汚染物質を除去するものであり、例えば図1に示すように、汚染物質除去装置54と、汚染物質除去装置54を制御する制御装置52とを有している。

【0049】演算装置38は、汚染物質分析手段30により検出された汚染物質が予め定められた所定値よりも高い場合にフィードバック制御信号を出力し、制御装置52を制御する。これにより、制御装置52を介して汚染物質除去装置54を駆動し、環境内部の汚染物質を除去する。

【0050】汚染物質除去装置54としては、赤外透過基板12の初期化に用いると同様の紫外光源を適用することができる。また、紫外光光源の代わりに、プラズマ発生装置を設け、プラズマにより汚染物質を分解するようにしてもよい。また、霧囲気中から汚染物質を排出する排気装置を適用することもできる。

【0051】また、汚染物質除去装置54は、赤外透過基板12の初期化に用いる装置と共にしてもよい。

【0052】(2) 霧囲気中の汚染物質濃度の定量化  
本発明による環境モニタ方法では、赤外線透過基板12に付着し或いはその近傍に存在する汚染物質の量を内部多重反射赤外分光法によって測定し、霧囲気中の汚染物質濃度に換算する。つまり、霧囲気中の汚染物質濃度を直接測定しているわけではない。したがって、赤外透過基板12の近傍に存在する汚染物質の量から霧囲気中の汚染物質の濃度を求めるためには、霧囲気中の汚染物質濃度と赤外線吸収ピークの吸光度の大きさとの関係を予め求めておき、検量線を作成しておく必要がある。赤外透過基板12への付着量の絶対値は必ずしも算出する必要はない。

【0053】霧囲気中の汚染物質濃度と吸収ピークの吸光度の大きさとの関係を表す検量線を求めるにあたり、まず、これらの関係について考察する。

【0054】霧囲気中の汚染物質濃度が高くなるほどに、汚染物質は赤外透過基板12に付着しやすくなる。したがって、霧囲気中の汚染物質濃度の増加により赤外透過基板12上に付着する汚染物質の量も増加する。ここで、霧囲気中の汚染物質濃度をC、付着量と濃度の換算係数を $K_1$ 、汚染物質の赤外透過基板12への付着量をWとすると、これらの間には以下の関係式が成立す

る。

$$C = K_1 \times W$$

一方、赤外透過基板12が汚染されたとの透過光量Iは、汚染前の透過光量をI<sub>0</sub>、内部反射回数をN、1回の反射が起こるときの単位付着量あたりの吸光係数をα

$$I = I_0 \times \exp(-W \times N \times \alpha) \quad \cdots (2)$$

また、吸光度Aは、

$$A = -\log_{10}(I / I_0) \quad \cdots (3)$$

として表される。したがって、(2)式及び(3)式を用いると、吸光度Aは、次式のように書き直すことができる。

$$A \propto W \times N \times \alpha$$

したがって、(1)式は、吸光度と濃度の換算係数をK<sub>2</sub>とすると、次式のように書き直すことができる。

$$C = K_2 \times A$$

(1)式及び(5)式より、汚染物質の濃度と基板への付着量、汚染物質の濃度と吸光度との間には比例関係が成立することが判る。したがって、雰囲気中に曝露した赤外透過基板12に付着した汚染物質の量を吸光度の大きさから求め、これに換算係数を掛けることにより雰囲気中の汚染物質の濃度を算出することができる。

【0059】換算係数の測定は、例えば以下の手順により行うことができる。

【0060】① まず、汚染物質が一定濃度で存在する空間に赤外透過基板12を曝露する。

【0061】② 次いで、気体中の汚染物質の濃度を別手段（ガス検知管、ガスクロマトグラフ等）により測定する。

【0062】③ 次いで、赤外透過基板12に付着した汚染物質による吸収ピークの吸光度の大きさを内部多重反射法により測定する。

【0063】④ 次いで、複数の汚染物質濃度の空間について上記①～③を繰り返し、②、③の結果の比から換算係数を求める。

【0064】なお、基板の曝露時間は一定であることが望ましい。曝露時間が異なると同一の汚染物質の濃度でも付着量が変わることがあり、この場合には曝露時間が等しくなるように吸光度の大きさの換算を行なう必要があるからである。このためには、赤外透過基板12を雰囲気中に曝露しながら適当な間隔で吸光度の大きさの測定を行い、曝露時間と吸光度の大きさの関係を予め求めておくことが必要である。

【0065】また、正確な測定のためには内部反射条件が等しいことが必要であり、同一の基板又は同一形状の基板に同一条件で赤外線を入射させる必要がある。また、吸光係数は汚染物質の種類によって異なるので、正確な定量測定を行うためには測定したいすべての物質について予め換算係数の測定を行う必要がある。

【0066】基板上の単位面積当たりの付着量を算出するときには、次の手順により検量線を予め作成しておく。

### 【0055】

… (1)

とすると、以下の式により表すことができる。

### 【0056】

… (3)

きる。

### 【0057】

… (4)

### 【0058】

… (5)

【0067】① まず、汚染物質を揮発性溶媒中に希釈した濃度の異なる複数の溶液を用意する。

【0068】② 次いで、基板上にこの溶液を一定量塗布する。

【0069】③ 次いで、溶液を塗布した基板を適当な時間放置し、溶媒を蒸発させる。

【0070】④ 次いで、内部多重反射法により基板に付着した汚染による吸収ピークの吸光度の大きさを測定する。

【0071】⑤ 次いで、溶液の濃度、塗布量、基板面積から、単位面積当たりの汚染物質の付着量を算出する。

【0072】⑥ 次いで、付着量と吸光度の関係から検量線を作成する。

【0073】こうして、検量線と基板の雰囲気中曝露で得られた吸光度との比較から、基板に付着した汚染物質の絶対量を求めることができる。

【0074】図3は、24時間放置による化学汚染物質の空気中濃度と赤外透過基板としてのシリコンウェーハ表面汚染との関係を示すグラフである。DOP（ジオクチルフタレート）の場合、例えば1ng/m<sup>3</sup>のDOP濃度の大気中にウェーハを24時間放置すると、ウェーハ表面への付着量は10<sup>12</sup>CH<sub>2</sub> unit/cm<sup>2</sup>であることを示している。逆に言えば、24時間放置後のウェーハ表面の付着量が10<sup>12</sup>CH<sub>2</sub> unit/cm<sup>2</sup>であれば、大気中のDOP濃度が1ng/m<sup>3</sup>であることが判る。一方、TBP（リン酸トリプチル：難燃剤）やシロキサン（シリコンコーティング剤からの揮発物質）の場合に示されるように、空気中濃度と付着量との関係は、汚染物質、放置時間等の条件によって異なる。したがって、測定対象とする物質毎に空気中濃度と付着量の関係を予め求めておくことが必要である。

【0075】図3に示すような検量線を予め作成してデータベース40に蓄えておくことで、赤外透過基板12上に付着した汚染物質から雰囲気中に存在する汚染物質の濃度を算出することができる。また、図3に示す検

量線の代わりに、雰囲気中の汚染物質濃度と吸収ピークの吸光度の大きさとの関係を示す検量線を予め作成してデータベース40に蓄えておき、雰囲気中に存在する汚染物質の濃度を算出するようにしてもよい。

【0076】〔3〕環境モニタ方法

本実施形態による環境モニタ方法について図1を用いて説明する。

【0077】まず、赤外透過基板12を、測定すべき雰囲気10中に設置する。なお、図1では、赤外透過基板12のみを雰囲気10中に設置しているが、赤外光源20、汚染物質分析手段30及び汚染物質除去装置50の全部又は一部を雰囲気10中に設置してもよい。

【0078】次いで、赤外光源20から発せられた赤外線を、赤外透過基板12内に入射する。赤外透過基板12内に入射された赤外線は、赤外透過基板12の表裏の表面において多重内部反射されると同時に赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質の情報を累積してプロービングし、赤外透過基板12の外部に出射される。

【0079】次いで、赤外透過基板12から出射された赤外線を、赤外干渉計32を介して赤外検出器34により検出し、演算装置38によって汚染物質の同定、定量を行う。

【0080】次いで、演算装置38により算出した雰囲気10中の汚染物質の濃度が所定値よりも大きい場合には、演算装置38は、制御装置52にフィードバック制御信号を出力する。フィードバック制御信号を受けた制御装置52は、汚染物質除去装置を駆動し、雰囲気10中の汚染物質を分解・排出する。こうして、雰囲気10中の汚染物質濃度を所望の値よりも低く保つ。

【0081】次いで、必要に応じて、図示しない紫外光源から発せられた紫外光を赤外透過基板12に照射することにより赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質を除去し、基板表面の初期化を行う。

【0082】次いで、必要に応じて上記測定を繰り返し行い、雰囲気中の汚染物質の経時変化等を測定する。

【0083】このように、本実施形態によれば、赤外透過基板12中における赤外線の内部多重反射を利用したフーリエ赤外分光法を用い、雰囲気中の汚染物質の同定・濃度の測定を行い、その測定結果を雰囲気10中の汚染物質の管理にフィードバックするので、雰囲気中の汚染物質を高感度且つリアルタイムに測定するとともに、雰囲気中の汚染物質が所定値を上回ったときに直ちに除去することができる。

【0084】〔第2実施形態〕本発明の第2実施形態による環境モニタ方法及び装置について図4乃至図6を用いて説明する。なお、図1乃至図3に示す第1実施形態による環境モニタ方法及び装置と同様の構成には同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0085】図4は本実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図、図5は赤外帯域透過フィルタの赤外

線透過スペクトルを示すグラフ、図6は本実施形態による環境モニタ装置における赤外帯域透過フィルタの変形例を示す概略図である。

【0086】第1実施形態による環境モニタ装置では、種々の汚染物質の分子振動波長域を含む発光波長を有する赤外光源を用い、内部多重反射フーリエ赤外分光法によって汚染物質の同定や定量を行う。しかしながら、汚染物質の管理が必要な雰囲気によっては、その雰囲気に影響を与える汚染物質は既知である。このような場合、その汚染物質に特有な官能基（例えばC-H基、O-H基、S i -H基など）の分子振動に対応する波長域の赤外線の吸光度のみを測定すれば汚染物質の分析には十分である。

【0087】そこで、本実施形態による環境モニタ装置では、赤外透過基板12と赤外検出器34との間に赤外帯域透過フィルタ42を設けて特定波長域の赤外線のみを選択的に検出し、その波長域に対応する特定汚染物質の濃度を算出し、算出した濃度に基づいて雰囲気10の汚染物質管理にフィードバックするように構成している。

【0088】すなわち、本実施形態による環境モニタ装置は、図4に示すように、ある雰囲気（閉空間）10内に載置された赤外透過基板12を内部多重反射した後に射される赤外線を検出することにより雰囲気10内に存在する汚染物質を分析する汚染物質分析手段30と、その分析結果に基づき雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段50とを有する点は、第1実施形態による環境モニタ装置と同様である。本実施形態による環境モニタ装置の主たる特徴は、赤外透過基板12と赤外検出器34との間に赤外干渉計32を設ける代わりに、赤外帯域透過フィルタ42を設け、特定の波長域の赤外線のみを選択的に赤外検出器34に導入する点にある。

【0089】このようにして環境モニタ装置を構成することにより、高価な赤外干渉計32（FT-IR装置）が必要ないので、装置価格を低廉化することができる。

【0090】特定官能基の分子振動波長に対応した赤外帯域透過フィルタは、例えば米国のスペクトロゴン（SPECTROGON）社より販売されている。図5は同社より販売されている赤外帯域透過フィルタの赤外線透過スペクトルの例を示すグラフである。図5(a)、図5(b)、図5(c)は、それぞれ、O-H基の分子振動に対応する波長域を透過するフィルタ、C-H基の分子振動に対応する波長域を透過するフィルタ、S i -H基の分子振動に対応する波長域を透過するフィルタである。本実施形態による環境モニタ装置の赤外帯域透過フィルタ42としては、このようなフィルタを適用することができる。

【0091】なお、本実施形態による環境モニタ装置では、赤外帯域透過フィルタ42と赤外検出器34との間にチョッパ44を設け、チョッパ駆動回路46により駆

動するようにし、赤外検出器34とA-D変換器36との間にロックインアンプを設けている。チョッパ42のチョッピング周波数と赤外線の検出とを同期させることにより、S/N比を向上することができる。なお、チョッパ44、チョッパ駆動回路46、ロックインアンプ48は、必ずしも設ける必要はない。

【0092】次に、本実施形態による環境モニタ方法について図4を用いて説明する。

【0093】まず、赤外透過基板12を、測定すべき雰囲気10中に設置する。なお、図4では、赤外透過基板12のみを雰囲気10中に設置しているが、赤外光源20、汚染物質分析手段30及び汚染物質除去装置50の全部又は一部を雰囲気10中に設置してもよい。

【0094】次いで、赤外光源20から発せられた赤外線を、赤外透過基板12内に入射する。赤外透過基板12内に入射された赤外線は、赤外透過基板12の表裏の表面において多重内部反射されると同時に赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質の情報を累積してプロービングし、赤外透過基板12の外部に出射される。

【0095】次いで、赤外透過基板12から出射された赤外線を赤外帯域透過フィルタ42を介して赤外検出器34により検出する。これにより、赤外検出器34では、特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長の赤外線のみが検出される。

【0096】次いで、赤外検出器34により検出された赤外線強度に基づき、演算装置38によって赤外線の吸光度スペクトルを求め、汚染物質の同定・定量を行う。

【0097】次いで、演算装置38により算出した雰囲気10中の汚染物質の濃度が所定値よりも大きい場合には、演算装置38は、制御装置52にフィードバック制御信号を出力する。フィードバック制御信号を受けた制御装置52は、汚染物質除去装置を駆動し、雰囲気10中の汚染物質を分解・排出する。こうして、雰囲気10中の汚染物質濃度を所望の値よりも低く保つ。

【0098】次いで、必要に応じて、図示しない紫外光源から発せられた紫外光を赤外透過基板12に照射することにより赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質を除去し、基板表面の初期化を行う。

【0099】次いで、必要に応じて上記測定を繰り返し行い、雰囲気中の汚染物質の経時変化等を測定する。

【0100】このように、本実施形態によれば、赤外帯域透過フィルタを設け、特定汚染物質の分子振動波長に対応する波長領域の赤外線のみを検出して特定汚染物質の濃度測定を行い、その濃度に基づいて雰囲気10の汚染物質管理にフィードバックするので、高価なFT-IR装置を使用する必要がない。これにより、装置価格を低廉化することができる。

【0101】なお、上記実施形態では、赤外帯域透過フィルタ42を赤外透過基板12と赤外検出器34との間に設けているが、透過帯域の異なる複数の赤外帯域透過

フィルタを用意し、これらフィルタを透過した赤外線を順次分析することで、複数の特定汚染物質の分析を行うようにしてもよい。

【0102】例えば、図6に示すように、透過帯域の異なる複数の赤外帯域透過フィルタ42a～42fを回転板60の同心円周上に配設してなる赤外帯域透過フィルタ42を用意し、回転板60を回転軸に沿って回転することにより、赤外透過基板12を出射した赤外線が透過する赤外帯域透過フィルタ42a～42fを順次交換することができる。回転板60による赤外帯域透過フィルタ42a～42fの選択は、例えば演算装置38によるフィルタ設定信号に基づいて制御することができる。

【0103】また、上記実施形態では、赤外透過基板12と赤外検出器34との間に赤外帯域透過フィルタ42を設けたが、赤外光源20と赤外透過基板12との間に赤外帯域透過フィルタ42を設けてもよい。

【0104】[第3実施形態] 本発明の第3実施形態による環境モニタ方法及び装置について図7及び図8を用いて説明する。なお、図1乃至図6に示す第1及び第2実施形態による環境モニタ方法及び装置と同様の構成には同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0105】図7は本実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図、図8は本実施形態による環境モニタ装置における赤外光源の変形例を示す概略図である。

【0106】第1実施形態による環境モニタ装置では、種々の汚染物質の分子振動波長域を含む発光波長を有する赤外光源を用い、内部多重反射フーリエ赤外分光法によって汚染物質の同定や定量を行う。しかしながら、前述のように、FT-IR装置は大型・高価なため、環境モニタ装置の小型化や低廉化を図るうえではFT-IR装置に代わる赤外線分析装置を適用することが望ましい。一方、第2実施形態による環境モニタ装置のように特定波長域の赤外線のみを分析する方法は、汚染物質が未知の場合や複数の汚染物質を検出する必要がある場合には必ずしも適するものではない。

【0107】そこで、本実施形態による環境モニタ装置では、赤外光源から発せられる赤外線の発光波長を掃引し、これと同期して赤外透過基板を出射した赤外線を分析することにより、分子振動波長が波長掃引領域に含まれる1又は2以上の汚染物質についての濃度を算出し、算出した濃度に基づいて雰囲気10の汚染物質管理にフィードバックするように構成している。

【0108】すなわち、本実施形態による環境モニタ装置は、図7に示すように、ある雰囲気(閉空間)10内に載置された赤外透過基板12を内部多重反射した後に、出射される赤外線を検出することにより雰囲気10内に存在する汚染物質を分析する汚染物質分析手段30と、その分析結果に基づき雰囲気中の汚染物質を除去する汚染物質除去手段50とを有する点は、第1実施形態による環境モニタ装置と同様である。本実施形態による環境

モニタ装置の主たる特徴は、赤外光源が波長可変型の赤外光源22であり、赤外光源駆動回路24によって赤外光源22から出射される赤外線の波長を制御できるようになっており、また、赤外透過基板12から出射された赤外線を赤外干渉計32を介さずに赤外検出器34に導入する点にある。

【0109】このようにして環境モニタ装置を構成することにより、高価な赤外干渉計32(FT-IR装置)が必要ないので、装置価格を低廉化することができる。また、赤外光源22の発光波長を掃引できるので、汚染物質が未知の場合や官能基の異なる複数の汚染物質が存在する場合であっても、装置構成を複雑にすることなくこれら汚染物質の濃度測定を行うことができる。

【0110】波長可変型の赤外光源22としては、例えば波長可変型の半導体発光素子や、擬似位相整合を用いた光パラメトリック発振素子を利用することができる。

【0111】波長可変型の半導体発光素子としては、波長可変型の赤外半導体レーザや赤外発光ダイオードが市販されている。これら素子では、注入電流や温度の制御により発光波長を制御することができる。

【0112】擬似位相整合を用いた光パラメトリック発振素子とは、LiNbO<sub>3</sub>やLiTaO<sub>3</sub>などの強誘電体非線形光学結晶の誘電分極方向を周期的に180度反転して積層した積層体を共振器の中に置いた素子であり、励起光の入射により所定の発振波長を有する出力光を得ることができる(例えば、応用物理、第67巻、第9号、1046~1050頁(1998)を参照)。この素子では、積層体に印加する電圧や温度を制御することにより発光波長を制御することができる。

【0113】赤外光源22は、赤外光源駆動回路24に接続されており、赤外光源駆動回路24により発光波長を制御できるようになっている。赤外光源駆動回路24は、赤外光源22に印加する駆動電圧や注入電流を制御し、或いは、赤外光源22を構成する発光素子に取り付けられたペルチェ素子などの温度可変素子(図示せず)を制御して発光素子の温度を制御することにより、赤外光源22から発せられる赤外線の波長を制御する。

【0114】赤外光源駆動回路24は、演算装置38にも接続されている。赤外光源駆動回路24は、赤外光源22から発せられる赤外線の波長設定信号を演算装置38に出力する。これにより、赤外光源22から発せられる赤外線の波長と検出赤外線の情報を関連づけて分析することができる。

【0115】なお、本実施形態による環境モニタ装置では、赤外透過基板12と赤外検出器34との間にチョッパ44を設け、チョッパ駆動回路46により駆動するようにし、赤外検出器34とA/D変換器36との間にロックインアンプを設けている。チョッパ42のチョッピング周波数と赤外線の検出とを同期させることにより、S/N比を向上することができる。なお、チョッパ4

4、チョッパ駆動回路46、ロックインアンプ48は、必ずしも設ける必要はない。

【0116】また、チョッパ44及びチョッパ駆動回路46を設ける代わりに、赤外光源駆動回路24から出力した周波数変調信号をロックインアンプ48に入力するように構成し、この周波数変調信号を同期信号として用いるようにしてもよい。

【0117】次に、本実施形態による環境モニタ方法について図7を用いて説明する。

【0118】まず、赤外透過基板12を、測定すべき雰囲気10中に設置する。なお、図7では、赤外透過基板12のみを雰囲気10中に設置しているが、赤外光源22、汚染物質分析手段30及び汚染物質除去装置50の全部又は一部を雰囲気10中に設置してもよい。

【0119】次いで、赤外光源駆動回路24から所定の制御信号を赤外光源22に出力し、赤外光源22から出射される赤外線の波長を制御する。これと同時に、赤外光源駆動回路24により、赤外光源22から発せられる赤外線の波長設定信号を演算装置38に出力する。

【0120】次いで、赤外光源22から発せられた赤外線を、赤外透過基板12内に入射する。赤外透過基板12内に入射された赤外線は、赤外透過基板12の表裏の表面において多重内部反射されると同時に赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質の情報を累積してプロービングし、赤外透過基板12の外部に出射される。

【0121】次いで、赤外透過基板12から出射された赤外線を赤外検出器34により検出し、演算装置38によって赤外線の吸光度スペクトルを求め、汚染物質の同定・定量を行う。この際、赤外光源駆動回路24から出力された波長設定信号に関連づけて記録する。

【0122】次いで、赤外光源駆動回路24により、赤外光源22の発光波長を掃引しながら上記の測定を繰り返し行うことにより、第1実施形態による環境モニタ装置により得られると同等の吸光度スペクトルと発光波長との関係を測定することができる。

【0123】次いで、演算装置38により算出した雰囲気10中の汚染物質の濃度が所定値よりも大きい場合には、演算装置38は、制御装置52にフィードバック制御信号を出力する。フィードバック制御信号を受けた制御装置52は、汚染物質除去装置を駆動し、雰囲気10中の汚染物質を分解・排出する。こうして、雰囲気10中の汚染物質濃度を所望の値よりも低く保つ。

【0124】次いで、必要に応じて、図示しない紫外光源から発せられた紫外光を赤外透過基板12に照射することにより赤外透過基板12の表面に吸着している汚染物質を除去し、基板表面の初期化を行う。

【0125】次いで、必要に応じて上記測定を繰り返し行い、雰囲気中の汚染物質の経時変化等を測定する。

【0126】このように、本実施形態によれば、波長可変型の赤外光源を設け、発光波長を掃引するので、高価

なFT-IR装置を使用することなく所定の波長領域における汚染物質の分析を行い、汚染物質管理にフィードバックすることができる。これにより、装置価格を低廉化することができる。

【0127】なお、現状で入手可能な波長可変型の発光素子においては、官能基の分子振動波長に対応する波長領域をすべて含む波長領域で発光波長を掃引することはできない。広範囲の赤外線の波長掃引が必要な場合には、赤外光源22を例えば以下のように構成することにより対応できる。

【0128】前述のように、波長可変型の発光素子は素子自体に印加する電気的信号或いは温度によって制御することができる。したがって、発光素子を、電気的信号及び温度の双方によって制御することにより、電気的信号或いは温度を単独で制御する場合よりも広い範囲で発光波長を制御することができる。なお、発光素子の温度は、発光素子に取り付けられたペルチェ素子などの温度可変素子に印加する電気的信号を制御することにより、制御することができる。

【0129】また、例えば図8に示すように、発光波長域の異なる複数の赤外光源22a～22fを回転板60の同心円周上に配設してなる赤外光源22を用意し、回転板60を回転軸に沿って回転するとともに、赤外光源22a～22fから出射される赤外線の波長を順次掃引することにより、赤外光源22a～22fにより網羅される広範囲の波長領域において赤外線の発光波長を掃引するようにしてもよい。

【0130】【第4実施形態】本発明の第4実施形態による半導体製造装置について図9を用いて説明する。なお、図1乃至図8に示す第1乃至第3実施形態による環境モニタ方法及び装置と同様の構成には同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0131】図9は本実施形態による半導体製造装置の概略を示す図である。

【0132】本実施形態では、第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を搭載した半導体製造装置として光リソグラフィー装置を例に説明する。

【0133】装置外周70に囲まれた光リソグラフィー装置内には、処理対象である半導体ウェーハ72が載置されている。半導体ウェーハ72表面には、フォトレジスト膜74が形成されている。半導体ウェーハ72上方には、転写すべき所定のパターンが描かれた転写マスク76が設けられている。転写マスク76上方には、反射光学系78、80が設けられており、光源82から出射された光を反射光学系78、80を介して半導体ウェーハ72に照射できるようになっている。

【0134】装置内部には、また、装置内部の雰囲気中に存在する汚染物質を内部多重反射フーリエ赤外分光法により分析する汚染物質分析手段30が設けられている。汚染物質分析手段30は、第1乃至第3実施形態に

よる汚染物質分析手段30を適用することができる。なお、本実施形態では、第1乃至第3実施形態における赤外光源及び赤外透過基板をも含めて汚染物質分析手段30と表現するものとする。

【0135】反射光学系80の近傍には、反射光学系80を構成する反射鏡や光学レンズの表面に付着した汚染物質や、装置内部の雰囲気中に存在する汚染物質を分解・除去する汚染物質分解手段50が設けられている。汚染物質分解手段50は、第1乃至第3実施形態による汚染物質分解手段を適用することができる。

【0136】このように、本実施形態による環境モニタ方法及び装置は、光リソグラフィー装置内の雰囲気中における汚染物質を検出し、その濃度に基づいて、反射光学系80を構成する反射鏡や光学レンズの表面に付着した汚染物質や、雰囲気中に存在する汚染物質を除去する手段として、第1乃至第3実施形態による環境モニタ方法及び装置を利用している。

【0137】半導体ウェーハ72上に塗布したフォトレジスト膜74に露光光を照射すると、フォトレジスト膜74から有機物質が揮発して装置内部に放出される。例えば、DNQ-ノボラック樹脂からなるポジ型レジストの場合、フォトレジスト膜が変化した有機物質であるインデンカルボン酸（官能基としてC-H基を含む）が放出される。このように放出された有機物質が反射光学系80を構成する光学レンズや反射鏡に付着すると、これらの反射率や透過率を損ない、ウェーハ処理枚数の増加とともに所定の露光量を得ることができなくなる。その結果、所定のバターニングができず、製品不良が発生することになる。また、装置内部に存在する有機物質自体が露光光を吸収し、半導体ウェーハへの露光量を減少することもある。また、フォトレジスト膜74のほか、補機、配線、装置の内壁などから揮発した有機分子が同様の影響を及ぼすこともある。

【0138】本実施形態における光リソグラフィー装置のように、装置内部雰囲気の汚染物質を検出することにより、汚染物質による光の吸収量を見積もることができるとともに、反射光学系80を構成する光学レンズや反射鏡の表面への汚染物質の付着量を間接的に測定することができる。

【0139】したがって、このように光リソグラフィー装置を構成することにより、装置内部の汚染物質がバターニング特性に影響を与える時期を事前に予測して機能不全になるのを防止できるとともに、汚染物質除去手段50により装置内部の汚染物質を早期且つ適切に除去することができる。

【0140】このように、本実施形態によれば、第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を光リソグラフィー装置に適用するので、装置内部の汚染物質がバターニング特性に影響を与える時期を事前に予測して機能不全になるのを防止できるとともに、汚染物質除去手段によ

り装置内部の汚染物質を早期且つ適切に除去することができる。

【0141】なお、上記実施形態では、汚染物質分析手段30及び汚染物質除去手段をすべて装置内部に載置しているが、少なくとも赤外透過基板12が装置内部に載置してあればよい。赤外透過基板12を除く汚染物質分析手段30及び汚染物質除去装置50の全部又は一部を装置外部に設置してもよい。

【0142】また、上記実施形態では、汚染物質分析手段30により分析した結果に基づいて汚染物質除去手段50を駆動して装置内部の汚染物質を除去しているが、分析結果に基づく他のフィードバックを行ってもよい。例えば、分析結果に基づいて半導体ウェーハの処理を停止する信号を出力するとともに、アラームを発してその旨をオペレータに伝えるようにしてもよい。

【0143】[第5実施形態] 本発明の第5実施形態による半導体製造装置について図10を用いて説明する。なお、図1乃至図8に示す第1乃至第3実施形態による環境モニタ方法及び装置と同様の構成には同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0144】図10は本実施形態による半導体製造装置の概略を示す図である。

【0145】本実施形態では、第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を搭載した半導体製造装置として酸化膜形成装置を例に説明する。酸化膜形成装置は、デバイス製造工程において、選択酸化膜、素子分離膜、ゲート酸化膜、層間絶縁膜の形成など、様々な目的に使用されている。

【0146】装置外囲90内には、シリコン酸化膜を成長するための反応室である炉芯管100が載置されている。炉芯管100は、バルブ94を介してガス供給システム92に接続されており、シリコン酸化膜の形成に必要なガス（酸素ガスや希釈ガスとしての不活性ガス等）を炉芯管100内部に供給できるようになっている。炉芯管100の周囲には、炉内の熱分布を均一にするための均熱管98を介して、炉芯管100を加熱するためのヒータ96が巻かれている。装置外囲90内の炉芯管100に隣接する領域には、炉芯管100内に処理対象である半導体ウェーハ102を挿入し、或いは、処理後の半導体ウェーハ102を引き出すためのウェーハ自動挿入／引出装置106が設けられている。

【0147】炉壁90内には、また、炉内の雰囲気中の汚染物質を検出する汚染物質分析手段30と、汚染物質分析手段30により分析された結果に基づいて炉内の汚染物質を除去する汚染物質除去手段50が設けられている。汚染物質分析手段30及び汚染物質除去手段50は、第1乃至第3実施形態による汚染物質分析手段及び汚染物質除去手段を適用することができる。なお、本実施形態では、第1乃至第3実施形態における赤外光源及び赤外透過基板をも含めて汚染物質分析手段30と表現

するものとする。

【0148】装置外囲90には、炉内の温度を検知してヒータ96を所定の温度に制御する温度制御器108が設けられている。ウェーハ自動挿入／引出装置106及び温度制御器108は、汚染物質分析手段30の一部をなし或いはこれとは別個に設けられた演算装置110に接続されており、それらによって制御できるようになっている。

【0149】このように、本実施形態による半導体装置は、酸化膜形成装置の炉内の雰囲気中における汚染物質を検出し、その濃度に基づいて、炉内の雰囲気中に存在する汚染物質を除去する手段として、第1乃至第3実施形態による環境モニタ方法及び装置を利用している。

【0150】処理対象である半導体ウェーハ102を炉芯管100内部に載置する際には、ウェーハポート104上に複数の半導体ウェーハ102を並べ、ウェーハ自動挿入／引出装置106によって炉芯管100の所定温度領域まで挿入する。同様に、処理が終わった半導体ウェーハ102は、ウェーハポート104に並べられた状態でウェーハ自動挿入／引出装置106によって炉芯管100から引出される。ここで、ウェーハポート104を挿入し或いは引き出すウェーハ自動挿入／引出装置106は、半導体ウェーハ102を炉へ出し入れするポートローディング機構、半導体ウェーハの移し替えを行う半導体ウェーハ移載機構、キャリアの搬送と保管を行うキャリアストッカ等を有している。また、ウェーハ自動挿入／引出装置106以外にも、機械的部品や電気的部品等が存在する。このため、これら補機、配線、装置の内壁などから揮発した有機分子（可塑剤としてのDOP（ジオクチルフェタレート）や難燃材としてのシロキ酸など）が半導体ウェーハ102表面に付着し、処理後のウェーハに付着した場合にあっては有機分子中の炭素原子（良導体）が核となって進行性の絶縁破壊を引き起こすなどの製品不良をもたらすことがある。

【0151】本実施形態による酸化膜形成装置のように汚染物質分析手段30を設けて炉内の汚染物質を検出することにより、炉内の汚染物質濃度が製品歩留まりに影響するかどうかについて直ちに判断することができる。また、その分析結果を汚染物質除去手段50に直ちにフィードバックすることができる。したがって、このように酸化膜形成装置を構成することにより、炉内の汚染物質の影響によって製品不良が生じるのを未然に防止できるとともに、汚染物質除去手段50により炉内の汚染物質を早期且つ適切に除去することができる。

【0152】このように、本実施形態によれば、第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を酸化膜形成装置に適用するので、炉内の汚染物質が製品歩留まり影響を与える時期を事前に予測して機能不全になるのを防止できるとともに、汚染物質除去手段により炉内の汚染物質を早期且つ適切に除去することができる。

【0153】なお、上記実施形態では、汚染物質分析手段30及び汚染物質除去手段50をすべて装置内部に載置しているが、少なくとも赤外透過基板12が装置内部に載置してあればよい。赤外透過基板12を除く汚染物質分析手段30及び汚染物質除去装置50の全部又は一部を装置外部に設置してもよい。

【0154】また、上記実施形態では、汚染物質分析手段30により分析した結果に基づいて汚染物質除去手段50を駆動して装置内部の汚染物質を除去しているが、分析結果に基づく他のフィードバックを行ってもよい。例えば、分析結果に基づいて半導体ウェーハの処理を停止する信号を出力するとともに、アラームを発してその旨をオペレータに伝えるようにしてもよい。

【0155】また、上記実施形態では酸化膜形成装置を例に説明したが、炉芯管を用いた他の製造装置、例えば、熱拡散や種々のアーナーを行うために用いる炉を有する半導体製造装置においても本発明を同様に適用することができる。

【0156】【変形実施形態】本発明は上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

【0157】例えば、上記第4実施形態には光リソグラフィー装置に第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を適用した場合を、上記第5実施形態には酸化膜形成装置に第1乃至第3実施形態による環境モニタ装置を適用した場合を示したが、他の半導体製造装置、例えば、電子ビーム露光装置、ドライ洗浄装置、成膜装置、エッチング装置などにおいても同様に適用することができる。

【0158】半導体製造装置内部には多くの電気機器や配線、補機が存在する。このため、装置内部には、塩化ビニールやプラスチックの可塑剤、装置の壁からわずかづつ継続的に放出される難燃剤などの有機性分子が放出される。このような汚染物質は、例えば半導体の絶縁膜に付着すると炭素原子が良導体となって絶縁破壊をもたらすなどの問題を引き起こすことがある。したがって、本発明による環境モニタ装置を半導体製造装置に搭載することにより、このような汚染物質のモニタやフィードバック管理についても瞬時且つ適切に行うことができる。

【0159】また、上記実施形態では、半導体製造装置内部の汚染物質の管理に本発明による環境モニタ装置を適用した場合について説明したが、本発明による環境モニタ方法及び装置は、他の様々な閉空間における汚染物質のモニタとそのフィードバック管理に適用することができる。

【0160】例えば、クリーンルーム内部における汚染物質のモニタとそのフィードバック管理に適用することができる。上述したような半導体製造装置内部で発生した有機分子を含むガスがクリーンルーム内に放出されると、他の工程にある半導体ウェーハや装置から装置へ

の搬送過程にある半導体ウェーハを汚染する虞がある。したがって、クリーンルーム内部の汚染物質をモニタしてフィードバック管理することにより、クリーンルーム内部の汚染物質濃度を低減し、製造歩留まりを向上することができる。

【0161】また、人間の居住する空間内部における汚染物質のモニタとそのフィードバック管理に適用することができる。近年、焼却炉から発生するダイオキシンや家具や壁材などから発生するホルムアルデヒドなどの環境汚染物質が、人間や動植物の健康に影響を与えることが知られており、このような物質の排出を管理することが強く求められている。したがって、人間の居住する空間内部に放出される汚染物質をモニタしてフィードバック管理することにより、その空間内部の環境汚染物質の濃度を低減し、人間の健康を阻害することを防止することができる。

【0162】また、閉空間のみならず、種々の装置、自動車、化学プラントなどからの排気ガスのモニタとそのフィードバック管理に適用することができる。これら排気ガスには、地球温暖化や人間の健康を損なう原因物質(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ダイオキシンなど)が含まれていることがある。したがって、排気ガスが外部に放出される前段階で、排気ガス中に含まれる汚染物質をモニタし、そのモニタ結果に基づいて排気ガスを清浄化した後に排出することにより、排気ガス中に含まれる有害汚染物質の濃度を低減することができ、外部環境を汚染することを防止することができる。

### 【0163】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、内部多重反射を利用したフーリエ赤外分光法を用い、雰囲気中の汚染物質の同定・濃度の測定を行い、その測定結果を雰囲気中の汚染物質の管理にフィードバックするので、雰囲気中の汚染物質を高感度且つリアルタイムに測定するとともに、雰囲気中の汚染物質が所定値を上回ったときに直ちに除去することができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図である。

【図2】分子結合の結合エネルギーと振動波長との関係を示すグラフである。

【図3】大気中の汚染物質の濃度と24時間放置によりシリコン表面に付着した汚染物質の密度との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の第2実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図である。

【図5】赤外帯域透過フィルタの赤外線透過スペクトルを示すグラフである。

【図6】本発明の第2実施形態による環境モニタ装置における赤外帯域透過フィルタの変形例を示す概略図である。

【図7】本発明の第3実施形態による環境モニタ装置の構造を示す概略図である。

【図8】本発明の第3実施形態による環境モニタ装置における赤外光源の変形例を示す概略図である。

【図9】本発明の第4実施形態による半導体製造装置の構造を示す概略図である。

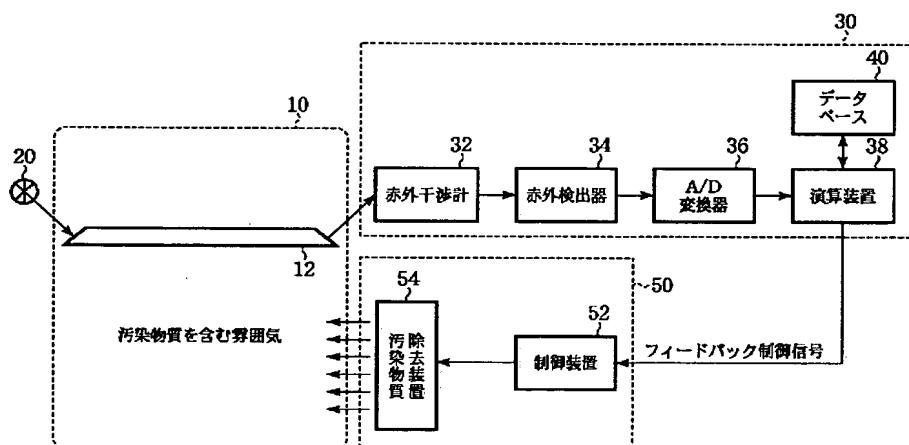
【図10】本発明の第5実施形態による半導体製造装置の構造を示す概略図である。

【符号の説明】

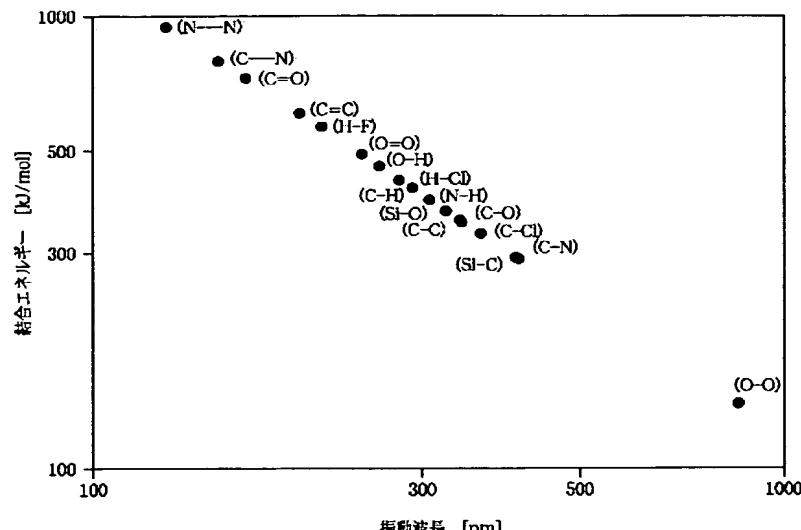
10…汚染物質を含む雰囲気  
12…赤外透過基板  
20…赤外光源  
22…波長可変型赤外光源  
24…赤外光源駆動装置  
30…汚染物質分析出段  
32…赤外干渉計  
34…赤外検出器  
36…A/D変換器  
38…演算装置  
40…データベース  
42…赤外帯域透過フィルタ  
44…チョッパ  
46…チョッパ駆動回路

48…ロックインアンプ  
50…汚染物質除去手段  
52…制御装置  
54…汚染物質除去装置  
60…回転板  
70…装置外囲  
72…半導体ウェーハ  
74…フォトレジスト膜  
76…転写マスク  
78…反射光学系  
80…反射光学系  
82…光源  
90…装置外囲  
92…ガス供給システム  
94…バルブ  
96…ヒータ  
98…均熱管  
100…炉芯管  
102…半導体ウェーハ  
104…ウェーハポート  
106…ウェーハ自動挿入/引出装置  
108…温度制御器  
110…演算装置

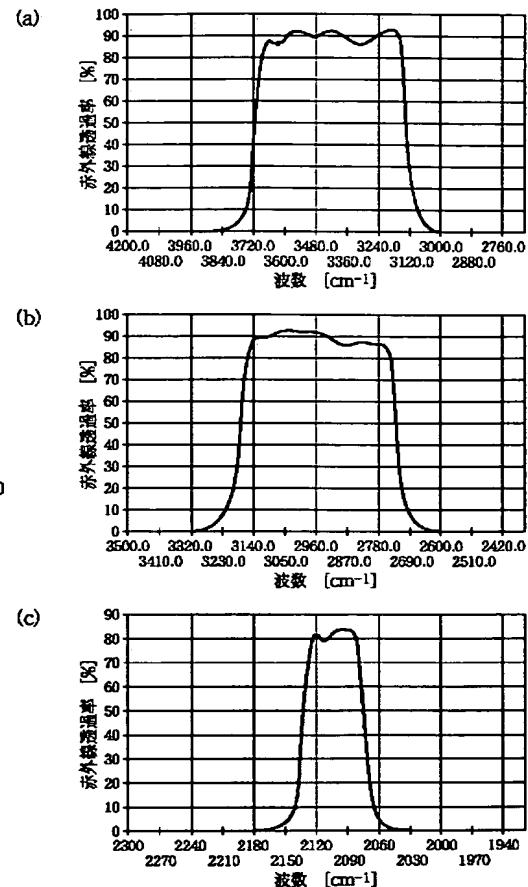
【図1】



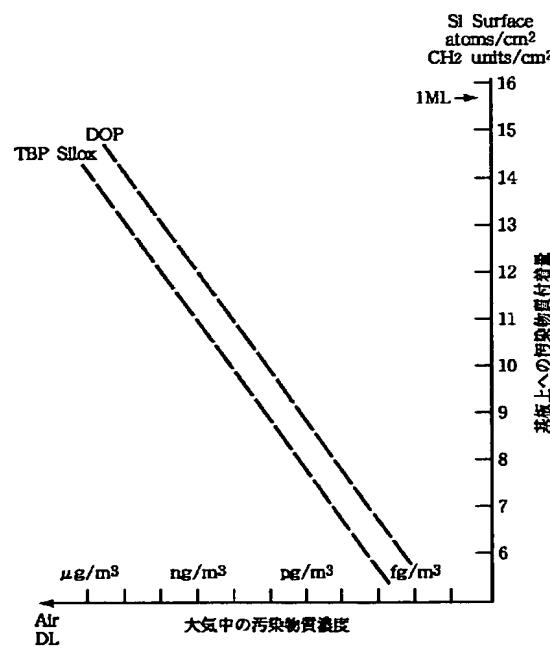
【図2】



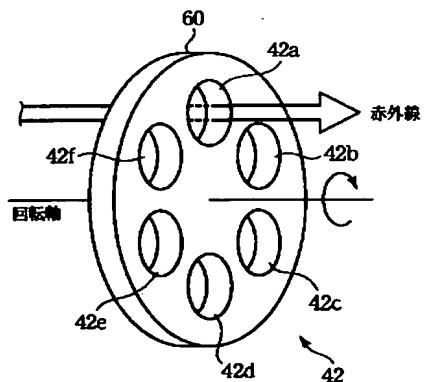
【図5】



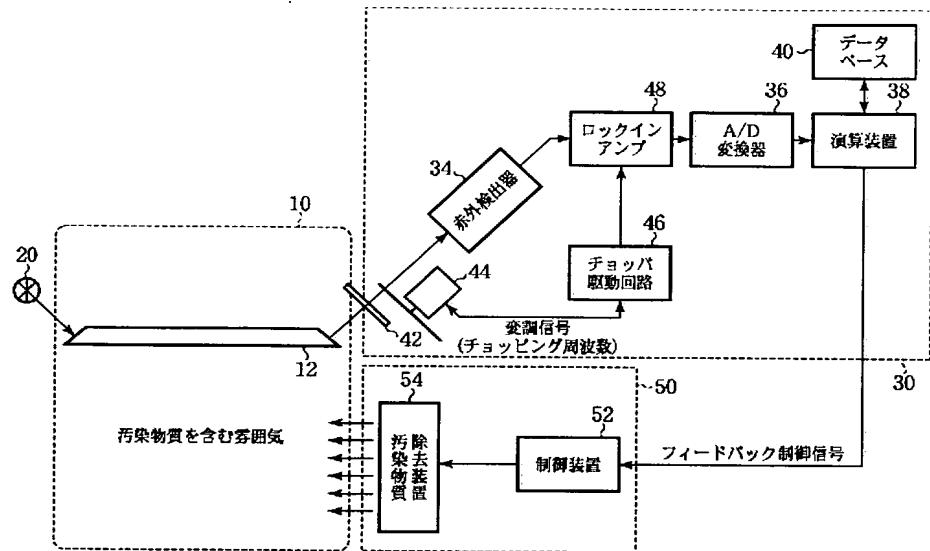
【図3】



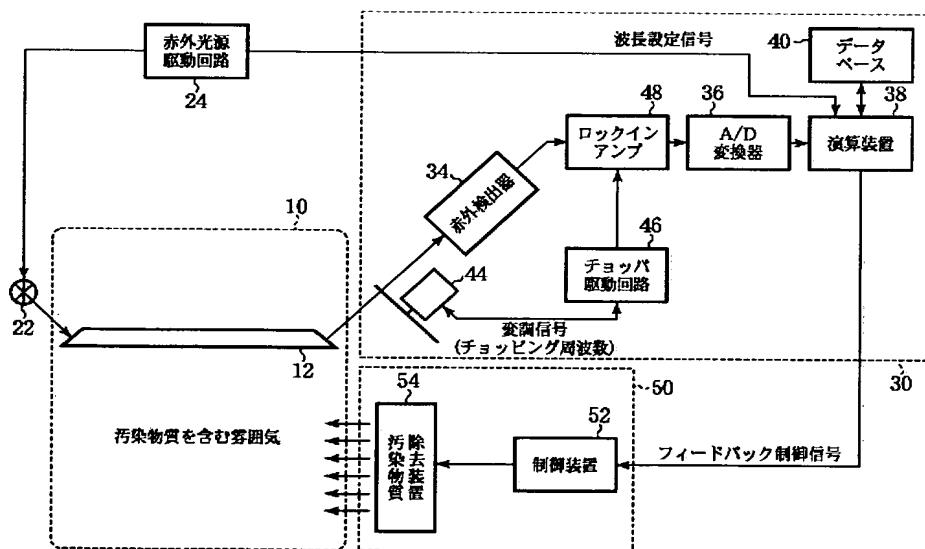
【図6】



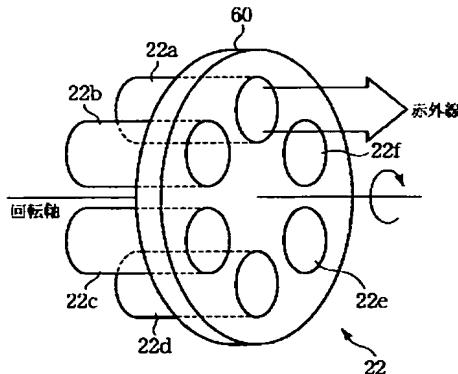
【図4】



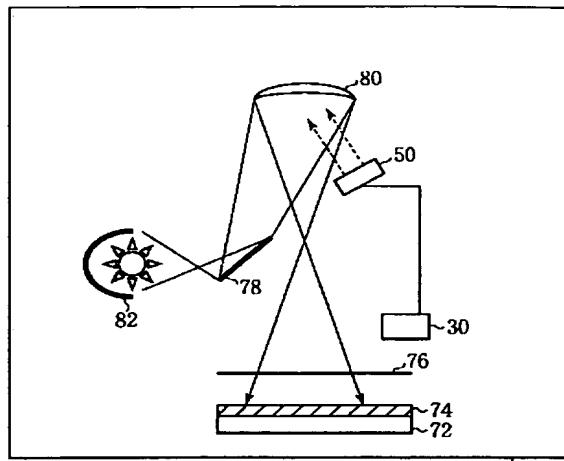
【図7】



【図8】

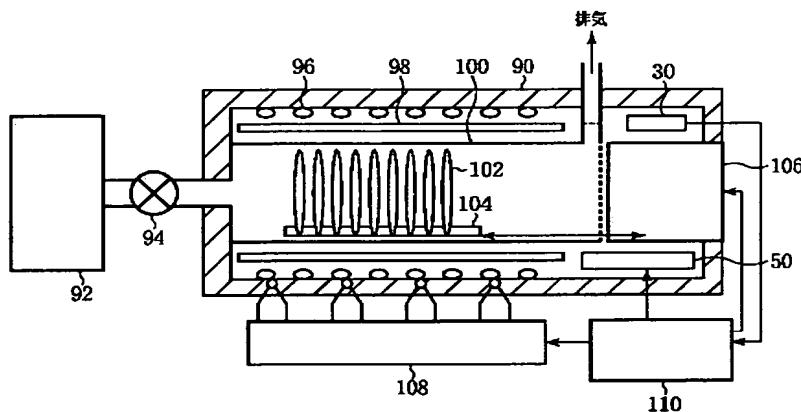


【図9】



70

【図10】



フロントページの続き

(51) Int.C1.7

H O 1 L 21/02

識別記号

F I

H O 1 L 21/02

マーク(参考)

D

F ターム(参考) 2G052 AA02 AA03 AB07 AB08 AB11  
 AC13 AD02 BA02 GA11 HB07  
 JA06 JA07  
 2G059 AA01 AA05 BB01 BB16 CC19  
 DD16 EE01 EE02 EE11 EE12  
 GG00 GG01 GG02 GG09 HH01  
 HH06 JJ01 JJ02 JJ24 KK01  
 MM01 MM09 MM10 MM12 PP04

THIS PAGE BLANK (USPTO)